

## **ROBOTICA EDUCAȚIONALĂ – O DISCIPLINĂ INTEGRATOARE ÎN ABORDAREA STEAM**

**Liubomir CHIRIAC**, dr. hab., prof. univ.

**Natalia LUPAȘCO**, dr., conf. univ.

**Maria PAVEL**, dr., conf. univ.

**Zahar STEPANOV**, drd.

Universitatea de Stat din Tiraspol

**Rezumat.** În lucrare sunt examinate unele aspecte care țin de tendințele și evoluțiile *Roboticii educaționale* din perspectiva STEAM. Sunt examinate unele repere istorico-didactice care țin de dezvoltarea roboticii. Sunt scoase în evidență obiectivele studierii Roboticii educaționale. Este analizată conexiunea dintre Robotică și Inteligența Artificială.

**Abstract.** The paper examines some aspects related to the trends and evolutions of Educational Robotics from the perspective of STEAM. Some historical-didactic landmarks related to the development of robotics are examined. The objectives of the study of Educational Robotics are highlighted. The connection between Robotics and Artificial Intelligence is analysed.

**Cuvinte cheie:** robotica educațională, inteligența artificială, conexiuni interdisciplinare.

**Keywords:** educational robotics, artificial intelligence, interdisciplinary connections.

### **1. Evoluția și dezvoltarea sectorului TIC în Republica Moldova**

În lumea modernă, în situația când volumul de cunoștințe și informații, în funcție de domeniul examinat, se dublează practic la 3-5 ani, reformarea procesului educațional rămâne a fi o prioritate importantă pentru statul Republica Moldova.

În Moldova, în ultima perioadă, se pune un accent special pe îmbunătățirea competitivității și eficienței principalelor industrii, inclusiv a IT. Să examinăm tabelul de mai jos.

**Tabelul 1. Evoluția/Dezvoltarea sectorului TIC în Republica Moldova**

	<b>Anul 2015</b>	<b>Anul 2020</b>
<b>Numărul companiilor TIC</b>	1.714	2.397
<b>Număr de angajați în sectorul TIC</b>	21.317	30.525
<b>Venituri din prestarea serviciilor TIC (Total mii lei)</b>	8.506.197,22	15.379.792,00
<b>Industria IT:</b>	2.150.425,18	7.375.921,50
<b>Volumul exporturilor din produse/servicii TIC (mil. \$)</b>	165,01	304,11

Sursa: Datele Asociației Naționale a Companiilor din Domeniul TIC (ATIC)

Exporturile produselor și serviciilor TIC a depășit în anul 2020 suma de 300 mln. dolari (USD), depășind cu mult exportul vinurilor (care au înregistrat în anul 2019 peste 400 de milioane de lei). De altfel, numărul companiilor IT a crescut de la 1700 în anul 2015 la 2397 în anul 2020. La fel și numărul angajaților, în această perioadă, a crescut de la 21317

în anul 2015 cu circa 9000 ajungând în anul 2020 la circa 30525 de angajați în sectorul IT. Cu regimul fiscal al *Moldova IT Park*, media de salarizare a angajaților din cele 600 de companii a ajuns la 29000 lei lunar. În așa mod, s-a reușit elaborarea de politici motivaționale la nivel de țară pentru programatorii și inginerii IT de înaltă calificare care își aduc aportul la creșterea economică a Republicii Moldova. Industria IT oferă locuri de muncă, dar se confruntă cu problema educării forței de muncă calificate.

Chiar dacă avem o industrie dezvoltată în domeniul tehnologiilor informaționale, numărul de roboți în industrie raportat la 10 000 de angajați este infim, și reprezintă raportul de 0,1 la sută. Aceasta constituie o problemă care urmează a fi soluționată cât mai repede posibil într-un viitor apropiat.

În acest context, inițiativa inovatoare a USAID de a promova educația STEM (știință, tehnologie, inginerie și matematică) are drept scop inițierea copiilor (10-18 ani) în programare, codificare și inginerie și îi sprijină să urmeze o carieră în domeniul IT.

Astfel, proiectul de competitivitate în Moldova, susținut de USAID în perioada 2015-2020, a sprijinit eforturile țării de a promova o economie puternică, diversificată și orientată spre export. Accentul a fost pus pe turism, industria ușoară și domeniul IT cu scopul de a spori veniturile, combate sărăcia și reduce migrarea.

Începând cu anul de studiu 2015, *Robotica* a fost introdusă în calitate de disciplină opțională în programul școlar, ca o componentă a proiectului menționat mai sus. Se preconizează că în învățământul primar, disciplina opțională *Robotica* va fi propusă elevilor în clasele a III-a - a IV-a; în învățământul gimnazial elevilor din clasele a VII-a - a IX-a; în învățământul liceal elevilor din orice clasă liceală.

Obiectul de studiu al Roboticii ca știință aplicativă pluridisciplinară este construirea, programarea și utilizarea roboților. Ca disciplină școlară, Robotica are drept scop principal formarea și dezvoltarea creativității tehnice și gândirii algoritmice ale elevului și se întemeiază pe următoarele principii [1]:

- îmbinării proceselor de predare-învățare a cunoștințelor teoretice cu activitățile practice în laboratoarele de robotică;
- adaptării cunoștințelor predate la vârsta elevilor;
- pluridisciplinarității;
- adecvării metodelor de predare-învățare la instruirea asistată de calculator;
- echilibrării încărcăturii informaționale și continuității între nivele și cicluri de învățământ prin eșalonarea materialului teoretic și aplicativ în funcție de particularitățile de vârstă ale elevului și în concordanță cu particularitățile echipamentelor de robotică și produselor-program destinate conducerii roboților;
- diferențierii și individualizării predării-învățării;

- stabilirii unui nivel obligatoriu de pregătire în domeniul Roboticii și formării capacităților de avansare la însușirea materiilor necunoscute și în aplicarea tehnologiilor cibernetice moderne.

La toate nivelele/cicluri: primar, gimnazial și liceal se prevăd câte 34 de ore pe an. Curriculumul este conceput în așa mod, încât elevul poate alege studierea disciplinei școlare Robotica la un anumit nivel sau ciclu de învățământ fără ca el să o fi studiat la nivelul sau ciclul precedent.

Pentru studierea disciplinei opționale Robotica, pot fi create și grupe mixte, care vor fi alcătuite din elevi de diferite niveluri și cicluri de învățământ. În astfel de cazuri, conținuturile, sarcinile și activitățile de învățare vor fi stabilite în mod individual pentru fiecare grupă de vârstă, iar integrarea activităților de predare-învățare-evaluare se va realiza prin elaborarea, de către echipele de elevi de diferite vârste, a unor proiecte comune.

Potrivit curriculumului, elevii din ciclul primar vor studia inițierea în robotică, principiile de construcție a unui robot și modul de dirijare a roboților. Cei din învățământul secundar și gimnazial vor face lecții de introducere în robotică, vor construi, conduce și programa roboții, iar elevii din ciclul secundar și liceal vor face lecții de introducere în robotică și vor studia structura și controlul roboților. Elevii vor fi capabili să elaboreze și să programeze algoritmi de conducere cu modelele de roboți.

## **2. Robotica educațională – o disciplină integratoare în abordarea interdisciplinară**

Robotica educațională este o disciplină care studiază modalitățile de proiectare, analiză, aplicare și operare a roboților. Roboții se divizează în următoarele categorii: roboți articulați și roboți mobili (vehicule autonome).

Robotica educațională este studiată atât în sistemul preuniversitar cât și în sistemul universitar. Această disciplină are conexiuni puternice și cu programarea calculatoarelor, inteligența artificială și proiectarea inginerească. Inginerii din domeniul roboticii proiectează roboți, îi mențin și dezvoltă noi aplicații pentru operarea lor. Potențialul roboticii este nelimitat și din aceste considerente în domeniul dat se efectuează cercetări intense.

Robotica educațională este o disciplină care integrează cunoștințe din matematică, fizică, desen, tehnologie, științe ale naturii cu accent special pe dezvoltarea creativității inginerești, devenind o disciplină tot mai populară. Scoatem în evidență câteva avantaje pedagogice esențiale pentru dezvoltarea elevilor:

- Dezvoltarea gândirii logice: gândirea logică se referă în mod special la clasificare, modelare și înțelegerea relațiilor și conexiunilor dintre elemente în procesul de construcție a roboților.
- În contextul proiectării se dezvoltă inteligența practică și gândirea creativă.

- În contextul programării se dezvoltă abilitățile de formalizare a proceselor de acțiune rezultate și feedback.
- Extinderea și aprofundarea cunoștințelor, în special, cunoștințelor din mecanică, electricitate, fizică, matematică, geometrie aplicată, algoritmică și programare.
- Capacitatea de asimilare a criteriilor și principiilor de proiectare și evaluare.

Principalele principii didactice generale în procesul de studiere a Roboticii Educaționale se referă la următoarele:

- Claritatea;
- Accesibilitatea;
- Conexiunea dintre teorie și practică;
- Consecvența și sistematicitatea;
- Consolidarea cunoștințelor, abilităților și deprinderilor;
- Caracterul științific;
- Conștiințozitatea și activitatea de instruire;
- Abordarea individuală a instruirii.

***Principiile specifice predării-învățării disciplinei Robotica.*** Curriculumul propune un model de studiu integrat al disciplinei școlare Robotica, model care contribuie la formarea la elevi a unei concepții unitare asupra roboticii ca știință și asupra metodelor de implementare a conceptelor cibernetice pentru dezvoltarea perpetuă a societății contemporane. În acest context se conturează următoarele principii specifice ale disciplinei școlare Robotica [1]:

- Principiul abordării integrate a disciplinei – structurarea conținuturilor într-un model integrat.
- Principiul centrării activității / demersului didactic pe elev.
- Principiul funcționalității sociale a procesului didactic, axat pe activități practice.
- Principiul corelației interdisciplinare, care presupune abordarea unui demers didactic inter/transdisciplinar. Astfel, evidențiem interacțiunile dintre discipline / compartimente principale care țin de abordarea interdisciplinară:
  - *Sisteme electrice și circuite electronice;*
  - *Conexiuni seriale și paralele;*
  - *Motoare de curent continuu și de curent alternativ;*
  - *Drive;*
  - *Mecanica mișcării;*
  - *Fizica aplicată;*
  - *Matematică;*
  - *Programare;*
  - *Analiza și dezvoltarea algoritmilor etc.*

### 3. Scurt istoric privind dezvoltarea roboticii

Matematicianul grec Arhitas, în anul 350 î.Hr., a construit o pasăre mecanică, numită Porumbelul, care era propulsată cu abur. A fost unul dintre primele studii despre zbor din istorie, precum și primul model de aeroplan. Nu în zădar, în 322 î.Hr., filozoful grec Aristotel, a prevăzut o dezvoltare a roboților: „*Dacă fiecare unealtă ar putea face, la ordin sau din proprie inițiativă, munca ce i se potrivește... atunci n-ar mai fi nevoie nici de ucenici pentru lucrătorii meșterului, nici de sclavi pentru stăpâni*”.

Să examinăm cele mai importante etape care țin de dezvoltarea roboticii [1-9].

**Tabelul 2. Etapele dezvoltării roboticii**

Repere în timp	Realizare în domeniul roboticii
sec. III î.Hr	Primul robot antic este considerat Talos din Creta, care acum câteva mii de ani în urmă reprezenta o mașină perfect operațională, construită de Hefaistos – zeul metalurgiei și a sculpturii, unul din cei 12 zei ai Olimpului
350 î.Hr	Matematician grec Arhitas a construit o pasăre mecanică, numită Porumbelul, care era propulsată cu abur
secolul XIII	Ramon Lull, teolog spaniol, a inventat un dispozitiv pentru descoperirea adevărilor non-matematice prin intermediul combinatoricii
1206	Al-Jazari, un inventator arab, a conceput ceea ce se crede a fi primul robot umanoid programabil, o barcă care transporta patru muzicieni mecanici alimentați de fluxul de apă
1642	A fost conceput de celebrul matematician B. Pascal un dispozitiv de calcul ”Pascalina”, care putea face adunări.
1673	Gottfried Wilhelm Leibniz a inventat un dispozitiv mecanic de calcul care putea efectua toate operațiile aritmetice
1800	S-au inventate jucăriile Karakuri Hisashige, Tanaka. Erau niște jucării mecanice care puteau servi doritorii cu ceai, lansa săgeți și erau în stare să vopsească.
1801	Joseph Marie Charles, supranumit <i>Jacquard</i> , (n. 7 iulie 1752, Lyon - d. 7 august 1834, Oullins), inventator francez, a creat războiul de țesut semi-automat (programabil)
1805	În jurul anului 1800-1805, mecanicul și ceasornicarul elvețian Henri Maillardet (1745-1830), care lucra atunci la Londra, a creat un automat extraordinar, cunoscut sub numele de „Draftman-Writer”. H. Maillardet a construit o mare colecție de automate (aproximativ 10 mașini). „Draftman-Writer” avea cea mai mare „memorie” (bazată pe camă) a oricărei astfel de mașini construită vreodată, suficientă pentru a face patru desene și trei poezii (două în franceză și una în engleză)
1837	În acest an Babbage a proiectat „Motorul Analitic”, care din cauză constrângerilor financiare și limitărilor tehnologice nu a reușit să-l construiască. Fiind construită, după schițele lui Babbage, tocmai în anul 1991, mașina funcționa perfect. Ideile sale s-au dovedit a fi atât de revoluționare încât nu erau în stare să fie înțelese de contemporani
1936	Inventatorul german K. Zuse a construit primul computer digital, complet programabil, fapt confirmat de cererea de patent pe care el a depus-o la 11 aprilie, 1936
1939	La expozițiile din perioada 1939 și 1940 era prezentat robotul umanoid Elektro Westinghouse Electric Corporation

1944	În anul 1944, Howard Aiken, de la Universitatea Harvard și compania IBM, a împrumutat din ideile lui Babbage, care țin de Conceptul Motorului Analitic, la construcția primului computer programabil american Mark 1
1946	Inventatorul american G. C Devol a construit un dispozitiv capabil să înregistreze semnale electrice cu suport magnetic și totodată putea să le reproducă pentru a conduce o mașină mecanică. Tot în anul acesta sunt inventate primele calculatoare. Astfel J. Presper Eckert și John Maulchy au construit computerul ENAC la Universitatea din Pennsylvania. Iar la Institutul de Tehnologie din Massachusetts (MIT) a fost dezvoltată prima mașină digitală de uz general
1951	A fost inventat un robot cu manipuloare de telecomandă pentru prelucrarea materialelor radioactive
1952	Prototipul mașinii controlate numeric a fost demonstrat la Institutul de Tehnologie din Massachusetts (MIT). A fost conceput limbajul de programare APT (Automatically Programmed Tooling) care a fost dezvoltat și publicat în 1961
1954	Celebrul inventator american George Devol a dezvoltat primul robot programabil și introduce termenul „automat universal”, numit ulterior Unimation.
1956	În acest an John MaCarthy, profesor la Stanford University, a introdus termenul de inteligență artificială (Artificial Intelligence (AI)). Tot el a dat și o definiție laconică: „Inteligența Artificială este știința și ingineria producerii de mașini inteligente”
1956	A fost inventat și promovat primul robot comercial al companiei Unimation, fondată de George Devol și Joseph Engelberger
1961	A fost construit primul robot industrial Unimate pentru compania General Motors
1964	În premieră la Institutul de Tehnologie din Massachusetts, Stanford Research Institute și Universitatea din Edinburgh au fost deschise Laboratoare de cercetare în domeniul inteligenței artificiale
1968	A fost dezvoltat la Standford Research Institute (SRI) un robot mobil numit „Shakey”, care a fost echipat cu o varietate de senzori, precum și o cameră video și senzori tactili
1973	A fost dezvoltat primul limbaj de programare pentru roboți, numit WAVE. Ulterior, în anul 1974, a fost dezvoltat limbajul AL
1978	La Cincinnati Milacron a fost inventat Robotul T3 care era adaptat și programat pentru efectuarea operațiunilor de găurire și tăiere. Ulterior, a fost inventat Robotul PUMA (Programabil Universal Machine for Assambly) pentru sarcini privind asamblarea automatului Unimation
1979	La Universitatea Yamanashi din Japonia a fost inventat un robot de tip SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assambly) capabil să efectueze operațiuni de asamblare
1981	La Universitatea Carnegie Mellon, a fost creat un robot care utiliza motoare electrice localizate în articulațiile manipulatorului. Robotul se deosebea radical de roboții mecanici obișnuiți
1984	Compania japoneză SONY a creat un mic umanoid „Robodex 2000” care îndeplinea diverse sarcini
2000	Companiile ASIMO, Honda Motor Co. Ltd. au inventat un robot umanoid capabil să efectueze mișcare bipedă și care putea să interacționeze cu oameni
2003	Compania Sony a inventat Robotul - Qrio care a devenit primul robot-umanoid comercial ce putea să funcționeze complet autonom

2017	Pentru dezvoltarea Inteligenței Artificiale se fac, în premieră, investiții extrem de mari la nivel internațional. Astfel, Statele Unite, dar și China, au anunțat în 2017 un plan de investiții publice în valoare de 22 de miliarde de dolari în domeniul Inteligenței Artificiale până în 2020
2018	Comisia UE a îndemnat statele membre și sectorul privat să investească în domeniul IA până în 2020 în total 20 de miliarde euro

#### 4. Charles Babbage - părintele informaticii moderne

Charles Babbage faimosul matematician și inginer englez, în premieră a dezvoltat idei și a proiectat o mașină de calculat programabilă, care în linii mari coincide cu computerele moderne. Din aceste motive Charles Babbage este considerat „părintele informaticii”. În 1837 Babbage și-a proiectat „Motorul Analitic”, care din cauză constrângerilor financiare și limitărilor tehnologice nu a reușit să o construiască. Fiind construită, după schițele lui Babbage, tocmai în anul 1991, mașina funcționa perfect. Ideile sale s-au dovedit a fi atât de revoluționare încât nu erau în stare să fie înțelese de contemporani. Motorul Analitic avea o memorie de acces aleatoriu (RAM), avea un cititor de cartele profesionale și includea chiar și o imprimantă. Motorul Analitic dispunea de o unitate centrală de procesare (CPU) care era în stare să efectueze tipurile de operații logice și aritmetice pe care, în zilele noastre, le poate realiza orice CPU. Este semnificativ faptul că Motorul Analitic avea o unitate specială de programe cu un limbaj de mașină similar celor de astăzi. Babbage descrie, în anul 1837, caracteristicile mașinii sale în lucrarea „On the Mathematical Powers of the Calculating Engine”. Primul program pentru Motorul Analitic a lui Babbage a fost elaborat de Ada Lovelace, fiica poetului englez Byron, care a rămas în istorie ca primul programator.

Conceptul Motorului Analitic a supraviețuit și, ulterior, în anul 1944, Howard Aiken, de la Universitatea Harvard și compania IBM, a împrumutat din ideile lui Babbage la construcția primului computer programabil american Mark 1. Aiken, în semn de respect față de Babbage comenta: „Dacă Babbage ar fi trăit cu șaptezeci de ani mai târziu aș fi rămas fără serviciu”. Astfel, conceptul unui computer cu program stocat, capabil de automodificări, având o memorie adresabilă, beneficiind de ramificări condiționale și capacitatea de a se autoprograma – rămâne să fie până în prezent baza computerelor moderne.

Totuși primul computer programabil din lume a fost realizat de către Konrad Zuse, inventator german. Primul său dispozitiv de calcul Z-1, a fost integral mecanic. Mașina Z-2 utiliza relee și putea să rezolve mai multe ecuații complexe simultan. Cea de-a treia versiune Z-3 a rămas în istorie ca fiind primul computer programabil din lume, chiar dacă în unele surse se argumentează faptul că calculatorul Mark 1, a lui Howard Aiken, este primul în acest sens. Faptul că K. Zuse a construit primul computer digital, complet programabil, este demonstrat de cererea de patent pe care el a depus-o la 11 aprilie, 1936. Computerul programabil a lui Babbage reprezintă primul pas spre dezvoltarea roboților programabili.

## 5. Robotica și Inteligența Artificială

Dezvoltarea dinamică a tehnologiilor informaționale și roboticii a „îmbogățit” domeniul de Inteligență Artificială (IA) cu noi valențe. Mai jos vom face o scurtă descriere a influenței Roboticii asupra Inteligenței Artificiale.

Modelele moderne de roboți, recunosc lucrurile înconjurătoare, ocolesc obstacolele, se deplasează pe drumul cel mai scurt. Tot odată au în componență computere programate care pot „vedea”, „pipăi”, „mirosi”, „auzi”, pot să distingă vocile și să reacționeze adecvat la diverse stimulente externe. Roboții sunt programați să execute un număr semnificativ de misiuni, în medii puțin periculoase pentru oameni, operații repetitive și plictisitoare pentru oameni. În prezent există deja roboți care pășesc ca oamenii și pot întreține o discuție vie pe tematici general umane. Este necesar de menționat faptul că în prezent sunt roboți care au potențial de creație: roboți-poeti, roboți-compozitori, roboți-dirijori etc., care ating performanțe surprinzătoare în domeniile respective.

Pentru dezvoltarea Inteligenței Artificiale se fac investiții mari la nivel internațional. Astfel, Statele Unite, dar și China, au anunțat în 2017 un plan de investiții publice în valoare de 22 de miliarde de dolari (18 miliarde de euro) în domeniul Inteligenței Artificiale până în 2020. Comisia Europeană, pentru a face față acestei provocări, a venit în luna aprilie, anul 2018, cu o inițiativă privind coordonarea acțiunilor vis-a-vis de dezvoltarea domeniului în Uniunea Europeană. Comisia a invitat în primul rând statele membre și sectorul privat să investească până în 2020 în total 20 de miliarde de euro în cercetare și s-a declarat dispusă să contribuie la acest obiectiv cu o sumă de 1,5 miliarde de euro. Abordarea europeană, tridirecțională, vizează să sporească investițiile publice și private în acest sector, să realizeze pregătirea necesară pentru schimbările socio-economice aferente și să asigure un cadru etic și juridic corespunzător.

Omenirea întotdeauna a încercat să producă instrumente, dispozitive, tehnologii care, fiind puse în aplicație, imitau inteligența umană.

Roboții și formula inteligenței umane a fost, este și va rămâne un mare mister, o mare provocare pentru acei care încearcă să o substituie prin intermediul inteligenței artificiale. Chiar dacă încă nu există criterii clare care ar face distincție între inteligența umană și cea artificială, omul face eforturi colosale pentru a dezvolta domeniul inteligenței artificiale și al pune în serviciu omenirii. Teama că Inteligența Artificială își va subordona Inteligența Umană, teama că Roboții vor domina omenirea, este discutată tot mai des de cele mai ilustre minți ale omenirii. Chiar dacă Robotica și Inteligența Artificială se dezvoltă cu o viteză uimitoare, în procesul de predare-învățare a informaticii se iscă o serie de întrebări și probleme privind dezvoltarea domeniului la care nu se poate da răspunsuri univoce.

## Concluzii

Autorii au făcut o sinteză, o trecere în revistă a celor mai semnificative concepte și idei care au contribuit la dezvoltarea roboticii și IA și tind să scoată în evidență conexiunile



interdisciplinare ce au influențat pozitiv Robotica și care în prezent captivează și atrage tot mai mulți tineri talentați [6-9].

*Articol realizat în cadrul proiectului de cercetări științifice „Metodologia implementării TIC în procesul de studiere a științelor reale în sistemul de educație din Republica Moldova din perspectiva inter/transdisciplinarității (concept STEAM)”, inclus în „Program de stat” (2020-2023), Prioritatea IV: Provocări societale, cifrul 20.80009.0807.20, cu suportul financiar oferit de Agenția Națională pentru Dezvoltare și Cercetare*

## **Bibliografie**

1. *Curriculumul pentru disciplina opțională Robotica*. Ministerul Educației și Cercetării, Chișinău, 2015.
2. JONNAERT, Philippe; ETTAYEBI, Moussadak; DEFISE, Rosette. *Curriculum și competențe. Un cadru operațional*. Asociația de Științe Cognitive din România, 2010. 111 pag.
3. ROLLINS, Mark. *Beginning LEGO Mindstorms EV3*. Apress, 2014. 297 pag. ISBN-13: 978-1430264361.
4. FERRARI, Mario; FERRARY, Gulio; HEMPEL, Ralph. *Building Robots with LEGO Mindstorms*. Syngress Publishing Inc., 2002. 615 pag.
5. BENEDETTELLI, Daniele. *The LEGO Mindstorms EV3 Laboratory*. Printed in USA, 2014. 409 p.
6. ФИЛИППОВ, С. А. Робототехника для детей и родителей. СПб.: Наука, 2013. 319 с.
7. GEORGESCU, Ioan. *Elemente de inteligență artificială*. București: Editura Academiei Republicii România, 1985.
8. RUSSEL, Stuart J; NORVING, Peter. *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2003.
9. IONIȚĂ, Silviu. *Inteligența Artificială – între tehnologie și etică. Studii și comunicări*. Vol. VIII, 2015.